

DOCUMENTOS

Nº 64

ISSN 0101-8949
Julho, 1990

MANEJO DE IRRIGAÇÃO PARA
AS CULTURAS DE FEIJÃO, MILHO E
ARROZ DE SEQUEIRO FAVORECIDO



Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária
Vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura

DOCUMENTOS N° 64

ISSN 0101-8949

Julho - 1990

MANEJO DE IRRIGAÇÃO PARA AS CULTURAS DE FEIJÃO,
MILHO E ARROZ DE SEQUEIRO FAVORECIDO

Sebastião Geraldo Augusto
José Geraldo Ferreira da Silva

Vitória-ES

EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMCAPA
Caixa postal 391
29.000 - Vitória, ES
Brasil

635.65287
A 923m
1990

AUGUSTO, S.G. & SILVA, J.G.F.da. Manejo
de irrigação para as culturas de fei
jão, milho e arroz de sequeiro favore
cido. Vitoria-ES, EMCAPA, 1990. 29 p.
(EMCAPA - Documentos, 64).

1. Feijão - Irrigação - Manejo. 2. Mi
lho - Irrigação - Manejo. 3. Arroz de se
queiro - Irrigação - Manejo. 4. Irriga
ção. I. SILVA, J.G.F. da, colab. II. Ti
tulo. III. Série.

APRESENTAÇÃO

A produção de alimentos sempre esteve na dependência dos fatores climáticos, no entanto, hoje, o uso racional da irrigação pode mudar esse quadro.

Atualmente, os recursos oferecidos pela moderna tecnologia podem contribuir eficientemente para o melhor manejo de irrigação das culturas de feijão, milho e arroz de sequeiro favorecido bem como racionalizar o uso de água e equipamentos.

Estes são os objetivos que se pretende alcançar com esta publicação.

A DIRETORIA

S U M Á R I O

Pág.

1 INTRODUÇÃO	7
2 PROFUNDIDADE EFETIVA DO SISTEMA RADICULAR	8
3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO	9
4 MÉTODOS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO	10
4.1 Método da determinação da tensão da água no solo	15
4.1.1 Instalação do tensiômetro com manômetro de mercúrio	15
4.2 Método do turno de rega	19
4.3 Quantidade de água a aplicar por irrigação	23
4.3.1 Com base nas análises físico-hídricas do solo	23
4.3.2 Com base nas necessidades hídricas diárias da cultura	25
5 LÂMINA BRUTA A SER APLICADA	27
6 LITERATURA CONSULTADA	28

MANEJO DE IRRIGAÇÃO PARA AS CULTURAS DE FEIJÃO, MILHO E ARROZ DE SEQUEIRO FAVORECIDO¹.

Sebastião Geraldo Augusto²

José Geraldo Ferreira da Silva³

1 INTRODUÇÃO

A baixa pluviosidade e a má distribuição das chuvas têm sido limitantes para a produção de alimentos básicos. Constatase, por exemplo, na região de Linhares, a ocorrência de 237 dias secos e 128 dias chuvosos, por ano, e que apenas 56 dias apresentam-se com precipitação superior a 5mm, considerando a média do período de 1968 a 1986. Existe, portanto, a necessidade de tornar a produção de alimentos menos dependente dos fatores climáticos e, para isto, é fundamental o uso racional da irrigação, principalmente quando se pretende aumentar a produtividade.

Na irrigação por aspersão, os problemas mais sérios, em geral, começam no manejo do sistema irrigado, envolvendo, principalmente, a quantidade e a freqüência de aplicação da água. Considerando o alto custo dos sistemas de irrigação, o seu manejo não pode ser relegado a segundo plano, pois os efeitos de um manejo inadequado podem acarretar prejuízos irreversíveis.

Para um manejo adequado da irrigação é necessário o conhecimento prévio de vários parâmetros relacionados com o sistema solo-água-planta e atmosfera. Também é fundamental

¹ Aceito para publicação em 04/06/90

² Pesquisador, CEPLAC-M.Sc.

³ Pesquisador, EMCAPA-M.Sc.

tal que se dimensione o equipamento de irrigação de forma a atender o período de máxima demanda de água pelas culturas, que equivale à evapotranspiração das mesmas nos meses mais quentes.

Objetiva-se, com este trabalho, contribuir para um melhor manejo da irrigação nas culturas de feijão, milho e arroz de sequeiro favorecido como, também, tornar mais racional e eficiente o uso da água e dos equipamentos.

2 PROFUNDIDADE EFETIVA DO SISTEMA RADICULAR (Pr)

Para efeito de cálculo da lâmina de irrigação, normalmente, considera-se apenas a profundidade efetiva do sistema radicular, isto é, a distribuição de 80% das raízes da planta, cuja determinação deve ser a mais realista possível. A adoção de valores acima do real implica na utilização de excesso de água, reduzindo a eficiência de aplicação; no superdimensionamento dos equipamentos, elevando os custos; no aumento da lixiviação de nutrientes do solo e das despesas com energia, entre outros. Por outro lado, a adoção de valores menores pode resultar em irrigações mais freqüentes ou deficientes.

A profundidade efetiva do sistema radicular para as culturas de feijão, arroz de sequeiro e milho varia entre 25 e 30cm, 35 e 40cm e 40 e 45cm, respectivamente, quando em seu estádio de máximo desenvolvimento vegetativo e cultivados em solos de textura média, férteis e com drenagem livre. Entretanto, estes valores podem ser bastante alterados em função das práticas culturais, da textura, fertilidade, presença de camadas adensadas, diferenciação dos horizontes do solo etc. Foi constatado, por exemplo, em cultivos da região de Linhares, ES, que as raízes das plantas se desenvolviam, aproximadamente, na profundidade de 15 a 20cm, em função da presença de camadas adensadas no subsolo. Assim,

para uma melhor noção da profundidade efetiva das raízes, a conselha-se avaliar as condições do local de cultivo, em vez de utilizar valores de tabelas.

3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO (ET)

A evapotranspiração representa a perda d'água da superfície do solo para a atmosfera, através da evaporação da água do solo e da transpiração vegetal. É medida em milímetros, tal como a precipitação, e varia bastante de acordo com a região, o período do ano e o estágio de desenvolvimento da cultura.

Além de ser própria de cada espécie vegetal, a evapotranspiração depende, principalmente, dos fatores climáticos. Dentre estes destacam-se a radiação solar, a luminosidade, a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

É definida como evapotranspiração potencial (ET_p) a perda máxima de água para a atmosfera, durante determinado período de tempo, numa área totalmente coberta por grama em fase de crescimento ativo e onde o solo disponha sempre de água suficiente para o uso das plantas. Para a condição de cada cultivo, a evapotranspiração é chamada evapotranspiração real (ET_r) que é influenciada pela cobertura vegetal e pela quantidade de água armazenada no solo.

Devido à dificuldade de obtenção da evapotranspiração através de medições diretas e exatas, em condições de campo, os métodos indiretos são largamente utilizados, possibilitando resultados satisfatórios. Dentre estes, destaca-se o método de PENMAN, bastante usado em trabalhos de pesquisa, porém, sua utilização, na prática, é restringida pelo grande número de dados meteorológicos exigidos.

Para o Estado do Espírito Santo, já se dispõe de estimativas da evapotranspiração potencial em nível de muni-

cípio, ajustadas ao método de PENMAN (SCÁRDUA e outros, 1984), conforme consta da Tabela 1. Para uma boa estimativa da ET_p, também é possível utilizar os dados de evaporação do Tanque Classe "A", usando-se, para isto, os valores de coeficientes de conversão do tanque (K_p).

4 MÉTODOS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação deve ser realizada toda vez que a quantidade de água retida no solo, na zona de desenvolvimento das raízes, atingir um nível que cause estresse na planta capaz de afetar seu rendimento.

As espécies vegetais, em geral, apresentam períodos de maior sensibilidade ao déficit de água. Para o feijão, a falta de água é mais prejudicial nas fases do florescimento e início de frutificação. Segundo CAIXETA e PURCINO (1983), um déficit de água no período de formação e crescimento das vagens ocasiona uma redução de 58% na produção e de 42% quando ocorre no período de florescimento. Para o arroz, a falta de água na floração aumenta o número de grãos vazios e, na maturação, afeta o peso dos grãos. As características fenológicas que determinam a produção do arroz poderão ser afetadas caso haja deficiência de água do período de 20 a 25 dias antes até 20 a 25 dias depois da floração (DAKER, 1973). Para o milho, o período mais sensível à falta de água corresponde às fases que vão desde o aparecimento da panícula até a formação dos grãos.

Dentre os vários métodos para manejo da irrigação, os mais utilizados são baseados na tensão da água no solo e no cálculo do turno de rega.

Na maioria dos projetos de irrigação, o intervalo entre regas é pré-determinado em função da relação entre a lâmina (quantidade) de água a ser aplicada e a evapotranspiração da cultura. Todavia, o método baseado no controle da

TABELA 1 - Evapotranspiração potencial (ET₀) média mensal "ajustada ao método de Penman" em mm/dia.

MUNICÍPIO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Alfredo Chaves	Sede	20°38'	40°45'	100	5,15	5,06	4,51	3,60	2,77	2,32	2,73	2,96	3,33	3,80	4,30	4,74
Alfredo Chaves	Matilde	20°36'	40°50'	515	4,35	3,99	3,58	2,81	2,12	1,73	2,31	2,54	2,98	3,42	3,76	4,03
Alegre	Ribe	20°44'	41°02'	127	5,11	4,95	4,35	3,32	2,44	1,97	2,50	2,84	3,34	3,87	4,31	4,66
Alegre	Ibitirama	20°32'	41°04'	794	3,99	3,55	3,17	2,54	1,93	1,57	2,19	2,40	2,81	3,21	3,51	3,71
Apiaçá	Sede	21°12'	41°34'	50	5,36	5,17	5,56	3,47	2,50	2,07	2,58	2,89	2,42	4,00	4,43	4,88
Aracruz	Sede	19°49'	40°17'	58	5,06	4,95	4,56	3,67	2,94	2,44	2,82	2,99	3,27	3,82	4,29	4,69
Aracruz	Riacho	19°45'	40°03'	5	5,06	4,95	4,56	3,67	2,94	2,47	2,79	3,00	3,38	3,78	4,29	4,69
Aracruz	Santa Cruz	19°57'	40°09'	5	5,06	5,00	4,60	3,76	2,94	2,47	2,87	2,96	3,27	3,78	4,29	4,69
Anchieta	Sede	20°48'	40°38'	6	5,02	4,95	4,56	3,64	2,83	2,42	2,79	2,98	3,23	3,73	4,18	4,65
Afonso Cláudio	Sede	20°04'	41°07'	300	4,73	4,44	3,98	3,09	2,31	1,39	2,45	2,70	3,21	3,72	4,15	4,53
Afonso Cláudio	Laranja da Terra	19°59'	41°03'	250	4,67	4,32	3,87	3,05	2,29	1,84	2,42	2,67	3,18	3,68	4,06	4,46
Atílio Vianaqua	Sede	20°55'	41°11'	76	5,12	5,01	4,32	3,42	2,57	2,16	2,63	2,92	3,28	3,73	4,22	4,64
Baixo Guardu	Sede	19°32'	41°01'	70	5,29	5,20	4,56	3,54	2,60	2,11	2,59	2,91	3,50	4,15	4,61	4,93
Boa Esperança	Faz. Alegria	18°31'	40°19'	180	5,45	5,30	4,75	3,75	2,75	2,25	2,69	2,98	3,62	4,39	4,84	5,19
Bras. S. Francisco	Sede	18°45'	40°53'	192	5,35	5,18	4,01	3,26	2,17	1,89	2,43	2,89	3,32	4,06	4,48	4,82
Br.d.S. Francisco	Aguia Doca	18°33'	40°59'	260	4,88	4,57	4,15	3,28	2,44	2,00	2,52	2,79	3,31	4,03	4,38	4,63
Conc. da Barra	Faz. Viratão	18°25'	39°42'	10	5,05	4,96	4,59	3,86	3,09	2,62	2,21	3,04	3,47	3,94	4,38	4,78
Conc. da Barra	Faz. Klabin	18°14'	39°54'	40	5,12	4,96	4,44	3,70	2,88	2,47	2,30	3,03	3,43	3,95	4,39	4,74
Conc. da Barra	Pedro Canário (Morro D'Anta)	18°18'	39°56'	66	5,07	4,90	4,40	3,66	2,86	2,45	2,79	3,01	3,44	3,93	4,36	4,71
Conc. da Barra ¹	Sede	18°35'	39°44'	3	5,39	5,10	4,17	3,71	3,04	2,46	2,61	3,21	3,64	3,73	3,96	4,52
Conc. do Castelo	Sede	20°21'	41°15'	600	4,25	3,83	3,44	2,71	2,C4	1,69	2,39	2,50	2,95	3,36	3,72	3,94
Castelo	Sede	20°36'	41°12'	107	5,16	5,01	4,42	3,37	2,49	2,06	2,55	2,86	3,37	3,93	4,40	4,75

Continua... .

Continuação da Tabela 1.

TABELA 1 - Evapotranspiração potencial (ET₀) média mensal "ajustada ao método de Penman" em mm/dia.

MUNICÍPIO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Cach. de Itapemirim ¹	Sede-Residência	20°05'1"	41°00'7"	21	4,74	5,08	4,40	3,33	2,58	2,22	2,30	2,90	3,29	3,94	4,07	4,23
Cach. de Itapemirim	Jaciguá	20°04'2"	41°00'1"	580	4,38	4,02	3,61	2,78	2,12	1,74	2,32	2,55	2,99	3,42	3,76	4,06
Colatina	Sede	19°03'2"	40°04'7"	40	5,39	5,23	4,64	3,62	2,62	2,16	2,65	2,92	3,52	4,17	4,69	4,99
Colatina	Novo Brasil	19°01'3"	40°03'6"	170	5,12	4,90	4,37	3,41	2,52	2,04	2,55	2,90	3,42	4,03	4,52	4,75
Caracica	Duas Bocas	20°01'6"	40°02'8"	200	4,84	4,58	4,10	3,18	2,38	1,94	2,47	2,70	3,22	3,74	4,18	4,45
Domingos Martins	Sede	20°02'2"	40°03'9"	452	4,38	4,03	3,26	2,85	2,15	1,74	2,35	2,56	3,00	3,45	3,79	4,06
Domingos Martins	Araé	20°02'3"	41°00'0"	950	3,88	3,43	3,09	2,48	1,85	1,44	2,11	2,30	2,80	3,10	3,38	3,63
Domingos Martins	N. Floriano	20°02'4"	40°03'7"	544	4,32	3,96	3,52	2,80	2,00	1,72	2,31	2,71	2,98	3,38	3,75	3,98
Domingos Martins	Perebas	20°01'7"	40°04'5"	640	4,07	3,63	3,26	2,52	1,97	1,60	2,21	2,40	2,84	3,25	3,55	3,76
D. do Rio Preto	Sede	20°04'1"	41°05'1"	772	4,03	3,61	3,24	2,56	1,96	1,59	2,21	2,41	2,83	3,23	3,54	3,75
Fundão	Sede	19°05'6"	40°02'4"	41	5,03	4,89	4,46	3,61	2,85	2,40	2,77	2,97	3,37	3,77	4,12	4,66
Guacuí	Sede	20°04'7"	41°04'1"	576	4,25	3,86	3,44	2,70	2,04	1,80	2,28	2,50	2,95	3,36	3,68	3,94
Guarapari	Sede	20°04'1"	41°03'0"	6	5,02	4,95	4,41	3,64	2,92	2,42	2,81	3,01	3,33	3,73	4,23	4,65
Itaguaçu	Itaimbé	19°03'9"	40°04'5"	70	5,16	4,95	4,41	3,64	2,51	2,07	2,57	2,85	3,44	4,03	4,52	4,79
Itarana	Sede	19°03'2"	40°05'2"	165	5,03	4,80	4,29	3,39	2,46	2,02	2,53	2,80	3,35	3,95	4,36	4,68
Itapemirim	B.d. Itapemirim	21°01'	40°04'9"	4	5,06	4,95	4,56	3,67	2,94	2,47	2,82	3,00	3,38	3,78	4,25	4,69
Itapemirim	Paineiras	20°03'8"	40°05'8"	40	5,11	5,06	4,56	3,60	2,77	2,32	2,74	2,96	3,33	3,76	4,23	4,70
Iúna	Sede	20°02'1"	41°03'2"	615	4,16	3,76	3,35	2,67	2,03	1,65	2,26	2,29	2,91	3,33	3,65	3,86
Iúna	Santa Cruz	20°01'9"	41°04'2"	920	3,86	3,42	3,07	2,45	1,82	1,53	2,11	2,32	2,74	3,02	3,39	3,61
Iconha	Sede	20°04'8"	40°04'8"	25	5,11	5,00	4,56	3,60	3,10	2,39	2,76	2,96	3,33	3,73	4,23	4,65
Iconha	Duas Barras	20°04'5"	40°05'3"	350	4,64	4,34	3,84	3,00	2,26	1,84	2,40	2,65	3,10	3,58	3,96	4,25
Ibirapuera	Cavalinho	19°04'2"	40°02'4"	50	5,11	5,00	4,31	3,48	2,65	2,31	2,68	2,94	3,40	3,95	4,31	4,66

continua...

Continuação da Tabela 1.

TABELA 1 - Evapotranspiração potencial (ET₀) média mensal "ajustada ao método de Penman" em mm/dia.

MUNICÍPIO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Linhares ¹	Sede	19°25'	40°03'	30	5,60	5,47	4,36	3,77	2,98	2,47	2,27	2,99	3,29	3,65	4,04	4,86
Mimoso do Sul	Sede	21°04'	41°22'	67	5,32	5,11	4,51	3,44	2,52	2,04	2,57	2,88	3,41	3,94	4,39	4,85
Mimoso do Sul	S. J. Torres (Posto Cajau)	21°04'	41°14'	120	5,13	4,96	4,32	3,45	2,64	2,25	2,68	2,91	3,33	3,81	4,25	4,69
Mucuri	Sede	18°05'	40°35'	290	4,95	4,66	4,19	3,37	2,49	2,04	2,53	2,79	3,40	4,07	4,47	4,69
Muqui	Sede-Colégio	20°58'	41°21'	240	4,84	4,62	4,09	3,15	2,35	1,92	2,48	2,73	3,22	3,70	4,10	4,45
Muqui	Faz. M. Alezre	20°57'	41°21'	600	4,23	3,84	3,42	2,69	2,04	1,67	2,26	2,50	2,92	3,32	3,65	3,89
Muniz Freire	Sede	20°27'	41°24'	400	4,56	4,24	3,81	2,99	2,67	1,84	2,41	2,51	2,93	3,33	3,72	4,06
Muniz Freire	Us. Fortaleza	20°21'	41°24'	580	4,33	3,95	3,51	2,79	2,11	1,71	2,20	2,54	2,98	3,43	3,76	4,03
Nova Venécia	Sede	18°43'	40°25'	80	5,31	5,12	4,60	3,64	2,68	2,19	2,66	2,93	3,55	4,29	4,73	5,01
Pancas	Sede	19°16'	40°51'	135	5,12	4,90	4,37	3,41	2,51	2,04	2,54	2,82	3,41	4,06	4,46	4,98
Rio Novo do Sul	Sede	20°52'	40°56'	80	4,98	4,85	4,38	3,46	2,74	2,30	2,72	2,94	3,30	3,69	4,09	4,56
S. G. da Palha	Sede	19°01'	40°34'	120	5,20	4,95	4,46	3,47	2,57	2,08	2,59	2,86	3,46	4,13	4,54	4,84
S. G. da Palha	Águia Branca	18°59'	40°45'	180	5,08	4,86	4,37	3,43	2,54	2,11	2,58	2,87	3,43	4,10	4,50	4,76
Santa Leopoldina	Sede	20°06'	40°32'	160	5,03	4,85	4,28	3,42	2,61	2,22	2,68	2,92	3,31	3,73	4,17	4,57
Santa Leopoldina	S.M. Jetibá	20°05'	40°45'	710	4,18	3,75	3,36	2,68	2,03	1,65	2,26	2,46	2,89	3,34	3,62	3,86
Santa Leopoldina	Carraíao	20°08'	40°31'	940	3,84	3,36	3,03	2,42	1,85	1,52	2,14	2,31	2,72	3,11	3,37	3,59
Santa Tereza.	Museu	19°56'	40°36'	550	4,17	3,75	3,37	2,68	2,03	1,63	2,26	2,46	2,90	3,34	3,62	3,85
Santa Tereza	S.J. de Petrópolis (Col. Agrícola)	19°49'	40°41'	149	5,03	4,80	4,29	3,32	2,46	2,00	2,54	2,79	3,36	3,92	4,33	4,62
São Mateus	Sede	18°43'	39°52'	30	5,43	5,28	4,70	3,69	2,70	2,19	2,68	2,92	3,60	4,32	4,75	5,04
São Mateus	Itauninhas	19°28'	40°07'	90	5,26	5,01	4,54	3,61	2,66	2,18	2,65	2,89	3,53	4,25	4,68	4,96
São Mateus	Barra Seca	19°59'	40°08'	70	5,26	5,07	4,56	3,57	2,62	2,18	2,63	2,90	3,50	4,18	4,60	4,93

Continua...

Continuação da Tabela 1

TABELA 1 - Evapotranspiração potencial (ET₀) média mensal "ajustada ao método de Penman" em mm/dia.

MUNICÍPIO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
São J. do Calçado	Sede	21°02'	41°39'	150	4,98	4,71	4,18	3,21	2,36	1,92	2,48	2,77	3,25	3,77	4,19	4,56
Serra	Faz. Fonte Limpia	20°32'	40°18'	70	5,11	5,00	4,56	3,67	2,87	2,41	2,78	2,98	3,36	3,79	4,25	4,66
Viana	Faz. Exp. de Jucuruaba	20°25'	40°33'	80	5,15	5,06	4,56	3,64	2,77	2,31	2,73	3,00	3,36	3,83	4,25	4,71
Vitória ¹	Sede	20°16'	40°18'	8	5,43	5,62	4,87	3,29	2,79	2,87	3,70	4,00	4,26	4,57	4,93	

1 - Valores obtidos pela aplicação direta do método de Penman.

FONTE: SCARDUA & OUTROS (1986)

tensão da água no solo é mais racional, porque permite determinar o momento exato de reiniciar a irrigação, através da leitura de valores predeterminados de tensão da água no solo.

A quantidade de água a ser aplicada é outro aspecto básico num projeto de irrigação. Esta deverá ser suficiente para elevar a umidade do solo à "capacidade de campo", na camada correspondente à profundidade efetiva das raízes das plantas.

Em resumo, para se obter um manejo racional da irrigação, duas questões básicas devem ser consideradas: quando irrigar? e quanto irrigar?

4.1 Método da determinação da tensão da água no solo

A irrigação com o uso do tensiômetro (Figura 1) deve ser efetuada sempre que a tensão da água no solo atinja um nível que não afete as culturas. Para feijão, milho e arroz de sequeiro favorecido recomenda-se irrigar quando esta tensão atingir -0,4 a -0,6; -0,6 a -0,7 e -0,6 a -0,7 bar, respectivamente.

4.1.1 Instalação do tensiômetro com manômetro de mercúrio

O tensiômetro deve ser instalado nas profundidades desejadas, normalmente a 3/4 da profundidade efetiva do sistema radicular. Quando o solo seca, forma-se um vácuo parcial dentro do tensiômetro que é lido no manômetro e, quando é irrigado, a tensão se reduz, o mesmo ocorrendo com a leitura.

Procedimentos para instalação:

- 1 deixar a cápsula porosa imersa em água no mínimo por 24 horas, antes da instalação do tensiômetro;

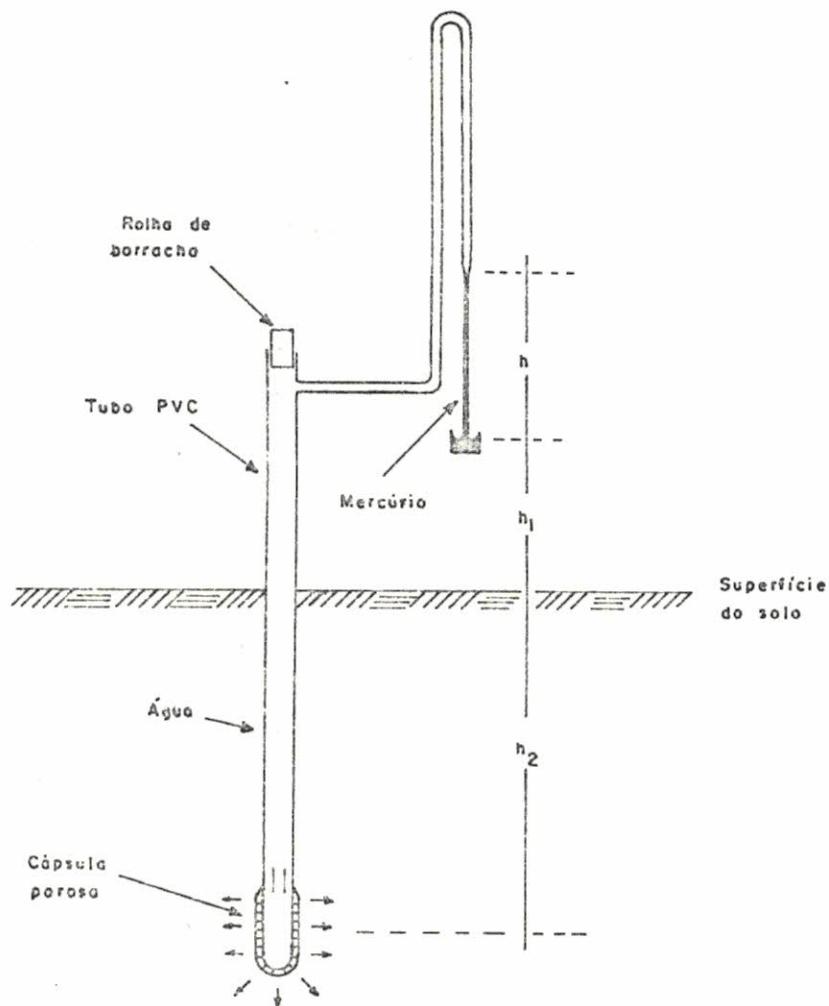


FIGURA 1 — Esquema do tensiômetro com manômetro de mercúrio.

2 instalar no campo, até a profundidade indicada, de forma que a cápsula porosa tenha um bom contato com o solo;

3 colocar o mercúrio na cuba até 1cm de altura;

4 colocar água fria, destilada ou fervida, no tubo de PVC, através de uma piseta de plástico. Após encher o tubo, ajustar a rolha da piseta na boca do mesmo e injetar água, vagarosamente, até sair todo o ar por sobre a tampa da cuba de mercúrio. O funcionamento correto do tensiômetro depende da completa remoção das bolhas de ar do interior do tubo, feita em um intervalo de dois a três dias, pois elas reduzem a precisão do mesmo, tornando sua resposta mais lenta.

Exemplo de instalação a 20cm de profundidade:

1 efetuar um furo no solo, com 20cm de profundidade, usando um trado de rosca de 1/2" de diâmetro;

2 misturar o solo retirado do furo com água até obter um mingau;

3 recolocar o mingau no mesmo furo no solo;

4 colocar o tensiômetro, pois, assim, haverá um maior contato entre o solo e a cápsula.

Quando se utiliza o tensiômetro, a expressão simplificada que fornece a altura da coluna de mercúrio para uma tensão preestabelecida é a seguinte:

$$h = \frac{-1020 \cdot Ts + h_1 + h_2}{12,6} \quad (\text{eq - 1})$$

Onde:

h = altura da coluna de mercúrio (cm);

T_s = tensão da água no solo (bar);

h_1 = altura do nível de mercúrio, na cuba, em relação à superfície do solo (cm);

h_2 = profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

Para cada unidade de irrigação, deve-se instalar, pelo menos, quatro tensiômetros em pontos representativos da área cultivada, sendo feito o controle da irrigação pela média das leituras. Quando a irrigação for realizada por sulcos, os tensiômetros poderão ser instalados a $\frac{3}{4}$ do comprimento total dos mesmos.

Exemplo:

Em uma cultura de feijão, deseja-se controlar a irrigação através do tensiômetro, instalado a uma profundidade de 20cm (h_2) com o nível do mercúrio na cuba de 10cm (h_1) acima do nível do solo. Para que este tensiômetro indique uma tensão de -0,6 bar (T_s), qual deve ser a altura da coluna de mercúrio (h)?

Solução pela eq - 1:

$$h = \frac{-1020 (-0,6) + 20 + 10}{12,6} = 50,95\text{cm} \approx 51\text{cm}$$

Quando a coluna de mercúrio do tensiômetro subir até 51cm de altura, a tensão de água no solo será de -0,6 bar, nestas condições de instalação.

Pode-se também usar tensiômetros com manômetros de leitura direta, que, embora apresentem menor precisão, são de mais fácil manejo.

4.2 Método do turno de rega

Apesar de não ser um método criterioso, para efeito de manejo da irrigação, é muito usado para o cálculo de projetos, ou seja, o cálculo de vazão, dimensionamento de mo_{tobombas} e tubulações ou canais.

O controle da irrigação por este método consiste em se determinar, previamente, o intervalo entre irrigações consecutivas, para cada estádio de desenvolvimento da cultura. Este intervalo é função da capacidade de armazenamento de água pelo solo, das condições climáticas e da cultura.

Para se utilizar eficientemente este método, é necessário determinar a capacidade de campo (CC), o ponto de murcha permanente (PM) e a densidade aparente (Dap) do solo, além da profundidade efetiva do sistema radicular das plantas.

A quantidade de água a ser reposta em cada irrigação (QRN) é dada pela expressão:

$$QRN = \frac{CC - PM}{10} = x Dap \times Pr \times f \quad (\text{eq-2})$$

Em que:

CC = capacidade de campo (% em peso),

PM = ponto de murcha (% em peso),

Dap = densidade aparente do solo (g/cm^3),

Pr = profundidade efetiva do sistema radicular (cm),

f = fator de disponibilidade de água no solo (adimensional).

O fator de disponibilidade de água no solo (f) varia entre 0,3 e 0,4 para as culturas mais exigentes em água e entre 0,6 e 0,7 para as menos exigentes. Para feijão, arroz de sequeiro e milho, podemos adotar um fator de 0,5; 0,6 e 0,6, respectivamente.

Assim, o turno de rega será dado por:

$$TR = \frac{QRN}{ETc} \quad (eq-3)$$

Em que:

TR = turno de regas (dias);

QRN = quantidade de água a ser reposta em cada irrigação (mm);

ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia).

Neste caso, as chuvas devem ser consideradas como irrigação até o limite máximo de armazenamento de água pelo solo, sendo que a restante é considerada perdida.

Exemplo:

Determinar o turno de rega e a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação para as condições abaixo:

- capacidade de campo (CC): 31,6% em peso (Fig. 2)
- Ponto de murcha permanente (PM): 16,6% em peso (Fig. 2)
- densidade aparente (Dap): 1,40g/cm³
- profundidade efetiva do sistema radicular: 20cm
- cultura: feijão
- estádio de desenvolvimento: floração
- mês: março
- alta umidade relativa e ventos fracos.
- fator de disponibilidade de água (f): 0,5

A quantidade de água a ser aplicada no solo para a cultura de feijão pode ser calculada pela equação 2.

Logo:

$$QRN = \frac{CC - PM}{10} \times Dap \times Pr \times f$$

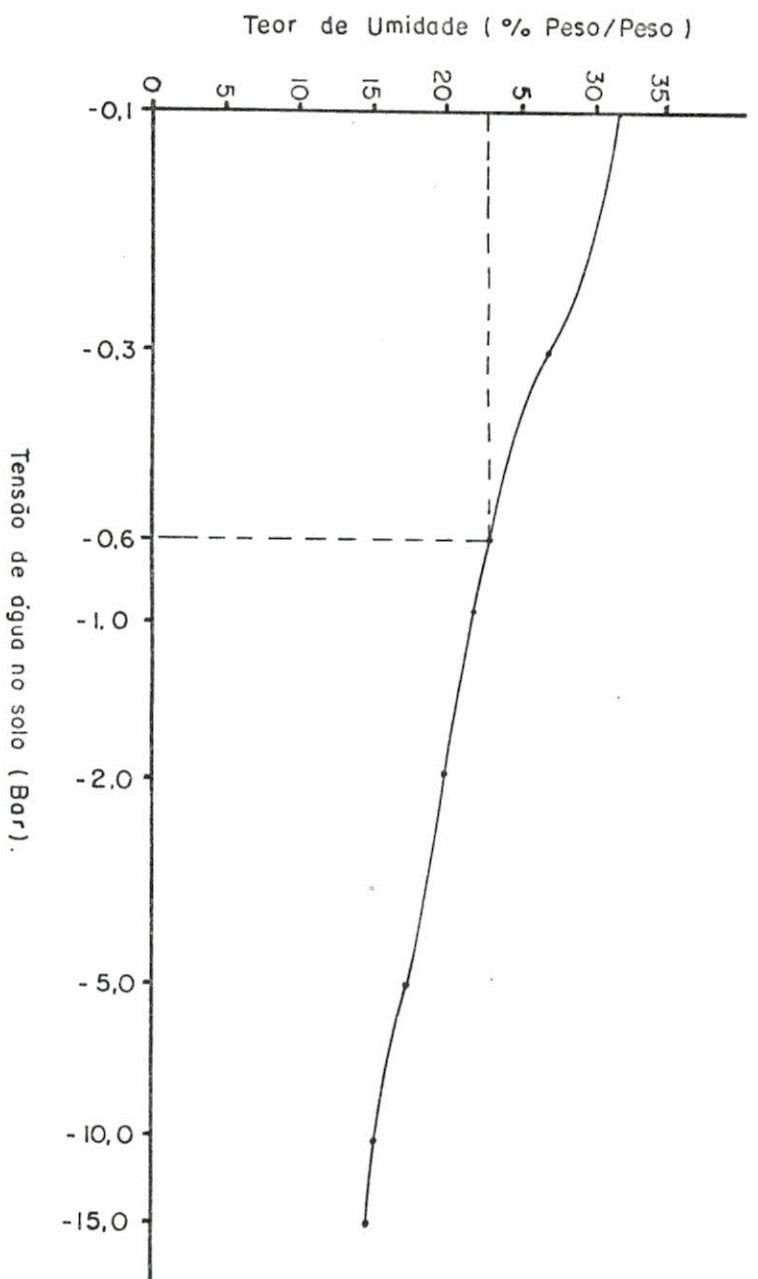


FIGURA 2 — Curva de retenção de água no solo.

$$QRN = \frac{31,6 - 15,6}{10} \times 1,40 \times 20 \times 0,5$$

$$QRN = 22,4\text{mm}$$

Esse solo é capaz de armazenar e manter disponível, para a cultura, uma lâmina de água igual a 22,4mm, quando se utiliza este método.

A evapotranspiração da cultura (ETc) é o produto da evapotranspiração potencial de referência (ETp) da Tabela 1 pelo coeficiente cultural (Kc) da Tabela 2.

Logo:

$$ETc = ETp \times Kc \quad (\text{eq-4})$$

$$ETc = 4,36 \times 1,05$$

$$ETc = 4,58\text{mm/dia}$$

O turno de rega pode ser calculado pela equação 3.

Logo:

$$TR = \frac{QRN}{ETc} \therefore TR = \frac{22,4}{4,58} = 4,9 \therefore TR = 5 \text{ dias}$$

Conclui-se que será de cinco dias o intervalo até a próxima irrigação, com aplicação de uma lâmina de água de 22,4mm. Quando for alterado o estádio de desenvolvimento ou o mês, os cálculos acima deverão ser refeitos.

Se cair uma chuva efetiva, superior à capacidade de armazenamento do solo (Ex: 40,0mm), no período de irrigação

ção, o turno de rega, que é de cinco dias, será contado a partir do dia que choveu. Neste exemplo, toda chuva efetiva acima de 22,4mm será considerada perdida, pois este é o valor máximo de água que o solo consegue reter, até 20cm de profundidade. Para chuvas inferiores a 22,4mm, deve-se calcular a quantidade de água que foi consumida da última irrigação até o dia em que choveu, subtrair do total aplicado na irrigação e somar o resultado ao total chovido. Dividir este resultado pela ETp corrigida, para saber em quantos dias será feita novamente a irrigação.

Exemplo para o mês de março e supondo uma chuva de 15mm, quatro dias após a irrigação:

- como na irrigação foram aplicados 22,4mm e a ETp para quatro dias, no mês de março, é de 18,32mm, teremos, no dia da chuva, 4,1mm remanescentes no solo. Somando esses 4,1mm com os 15mm da chuva, teremos no solo 19,1mm. Neste caso, teremos que considerar quatro dias para voltar a irrigar (caso não mude o estádio de desenvolvimento da cultura nem o mês em questão) após a data de ocorrência da chuva. Contudo, recomenda-se acompanhamento técnico para se verificar possível excesso de água nas irrigações, bem como deficiência hídrica na cultura antes do dia previsto para irrigar.

4.3 Quantidade de água a aplicar por irrigação

4.3.1 Com base nas análises físico-hídricas do solo

Para determinar a quantidade de água a aplicar em cada irrigação, pode-se usar a seguinte expressão:

$$QRN = \frac{CC - UI}{10} \times Dap \times Pr \quad (\text{eq-5})$$

Onde:

QRN = quantidade real de água necessária (mm),

CC = capacidade de campo (% peso seco),

UI = umidade de irrigação correspondente à tensão preestabelecida (% peso seco),

Dap = densidade aparente do solo (g/cm^3),

Pr = profundidade efetiva do sistema radicular das plantas (cm).

Para determinar a UI e a CC é indispensável dispor da curva de retenção de água que é característica para cada solo. Esta associa cada valor de tensão a um teor de umidade retido no solo sob aquela tensão (Figura 2).

A curva de retenção é, geralmente, determinada em laboratório, porém, pode ser obtida no campo com o auxílio de tensiômetro.

Exemplo: para a cultura de feijão plantado em março, no estádio de florescimento, em local de umidade relativa alta e ventos fracos.

- Profundidade efetiva do sistema radicular: 20cm
- Curva de retenção de água no solo: Ver Figura 2
- Capacidade de campo: -0,1 bar (31,6% em peso)
- Densidade aparente do solo: $1,40\text{g}/\text{cm}^3$

Supondo-se que, quatro dias após a última irrigação, o tensiômetro acusou tensão de -0,6 bar, considerada como o ponto da nova irrigação. Qual a quantidade de água necessária para levar o solo à capacidade campo?

Solução:

Na Figura 2, verifica-se que a umidade que corresponde a -0,6 bar, é aproximadamente de 23,6% em peso (UI). Utilizan-

do-se a equação 2, tem-se:

$$QRN = \frac{31,6 - 23,6}{10} \times 1,40 \times 20 = 22,4\text{mm}$$

$$QRN = 22,4\text{mm} \quad (\text{com } 100\% \text{ de eficiência do equipamento irrigação})$$

Logo, sempre que o tensiômetro indicar -0,6 bar, deve-se aplicar 22,4mm de água no solo, que é a lâmina líquida. Contudo, para fins de irrigação, deve-se computar a eficiência de aplicação do equipamento em uso (Ea) e ajustar este valor, conforme será mostrado no ítem 5.

4.3.2 Com base nas necessidades hídricas diárias da cultura

Na ausência da curva de retenção de umidade de solo, pode-se usar o tensiômetro e os dados da ETp da Tabela 1 para estimar a quantidade de água a aplicar na irrigação, utilizando o seguinte processo:

- 1 toma-se o valor de ETp da Tabela 1 para a localidade e mês em questão;
- 2 multiplica-se o valor de ETp pelo coeficiente de cultura (K_c), da Tabela 2, observando-se as condições de umidade relativa e ventos;
- 3 multiplica-se o produto obtido no ítem 2 pelo número de dias desde a última irrigação até o dia indicado pelo tensiômetro (N).

Exemplo para a cultura do feijão no estádio de florescimento, no mês de março, em Linhares, ES, com o tensiômetro indicando uma tensão de -0,6 bar, em quatro dias.

TABELA 2 - Caracterização dos estágios de desenvolvimento das culturas e valores do coeficiente de cultura (K_c).

Cultura	Estágio de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Arroz K_c 0,3 (2) - 0,4 (3)	Do início da germinação até o perfilhamento ao final do emborachamento.	Do perfilhamento máximo ao final do emborachamento.	Do final do emborachamento até o final da granação da granação.	Do final da granação (início da fase leitosa) ao final da fase pastosa e semi-dura.
				0,65 - 0,75
Feijão K_c 0,3 (2) - 0,4 (3)	Do início da germinação até a formação do 3º par de folhas	Da formação do 3º par de folhas até o início da floração.	Do início da floração até a formação de vagem.	Da formação de vagem ao término de enchingamento dos grãos.
				0,65 - 0,75
Milho K_c 0,3 (2) - 0,5 (3)	Do início da germinação à emergência total da 4ª folha ao início do emborachamento.	Da emergência total da 4ª folha ao início do emborachamento.	Do início do emborachamento até a formação de boneca.	Após a formação da boneca até o grão atingir o estado de pambinha.
				0,65 - 0,75
				0,8 - 0,95

(1) - Quadro adaptado da tabela proposta por DOOREMBOS & KASSAM.

(2) - Em condições de UR $>70\%$ (alta) e velocidade de vento $<5\text{m/s}$ (fraca).

(3) - Em condições de UR $<20\%$ (baixa) e velocidade de vento $>5\text{m/s}$ (forte).

Na Tabela 2, verifica-se que a floração do feijão corresponde ao estádio de desenvolvimento número III e que o coeficiente de cultura é de 1,05. Na Tabela 1, encontra-se uma ET_p de 4,36mm para março. Logo, a quantidade de água a ser aplicada no solo é:

$$QRN = ET_p \times K_c \times N \quad (\text{eq-6})$$

$$QRN = 4,36\text{mm/dia} \times 1,05 \times 4 \text{ dias}$$

QRN = 18,32mm, que deverá ser corrigida para a eficiência do sistema.

5 LÂMINA BRUTA A SER APLICADA (LB)

Os valores da lâmina líquida, QRN, determinados por quaisquer dos métodos descritos anteriormente, representam a quantidade de água que deve ser reposta no solo. No entanto, como a eficiência de aplicação de água dos sistemas de irrigação é inferior a 100%, é necessário corrigir o valor da lâmina de água a ser aplicada, em função da eficiência. A correção é efetuada pela expressão:

$$LB = \frac{QRN}{E_a} \quad (\text{eq-7})$$

Onde:

E_a = eficiência de aplicação de água do sistema usado (decimal).

De acordo com MARQUELLI e outros (1986), a eficiência de irrigação depende, fundamentalmente, do método adotado, das condições em que o projeto foi realizado e da habilidade do irrigante. A interferência do irrigante verifica-se,

sobretudo, nos sistemas de irrigação superficiais. Outros fatores podem, também, influenciar a eficiência de irrigação, como, por exemplo, as condições climáticas. Assim, o vento forte pode afetar bastante a uniformidade de distribuição e, juntamente com a temperatura e umidade do ar, afetar a eficiência de aplicação na rega por aspersão.

Enquanto no sistema de irrigação superficial a eficiência de irrigação raramente ultrapassa 60%, na rega por aspersão situa-se freqüentemente entre 70% e 80%.

Considerando o exemplo anterior, no qual será aplicada uma lâmina de 22,4mm de água no solo, por aspersão, e uma eficiência de aplicação de 70%, tem-se:

$$LB = \frac{22,4\text{mm}}{0,7} \therefore LB = 32,0\text{mm}$$

6 LITERATURA CONSULTADA

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária/UFGV, 1982. 463p.

CATXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C. & SILVA, L. Irrigação de algumas culturas. In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 9 (100), 65-76, abr. 1983.

CEPLAC/CEPEC. Divisão de Climatologia. Dados Climatológicos da Estação Experimental Filogônio Peixoto. Linhares-ES, 1987.

DAKER, A. A água na agricultura: Irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. v. 3. 543p.

DOOREMBOS, J. & KASSAN, A.H. Efectos del agua sobre el ren

dimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 211p. (FAO: Rieg y Drenaje, 33).

DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. Crops water requirements. Roma, FAO, 1977. 144p.

GRASSI, C.J. Métodos del riego. CIDIAT, Mérida-Venezuela, 1972. 270p.

ISRAELSEN, O.W. Irrigation, principles and practices. New York, John Wiley & Sons, 1950. 396p.

KLAR, A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo, Nobel, 1984. 408p.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.da & SILVA, W.L.de C. e. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília-DF, EMBRAPA/CNPH, 1986. 13p. (EMBRAPA/CNPH - Circular Técnica, 2).

SCÁRDUA, J.A.; FEITOZA, L.R. & CASTRO, L.L.F. de. Estimativas da evapotranspiração potencial para o Estado do Espírito Santo. 2 ed. Vitória-ES, EMCAPA, 1986. 44p. (EMCAPA - Boletim de Pesquisa, 6).

EDITADO PELA COORDENADORIA DE DIFUSÃO E DOCUMENTAÇÃO

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES

Wolmar Roque Loss

Presidente

Antônio Elias Souza da Silva

Marcio José Furtado

Renato José Arleu

Aldemir Cavalcante Nóbrega

Eliana Lopes Dan

Aymbiré Francisco de Almeida Fonseca

Maria da Penha Angeletti da Fonseca

Luiz Carlos Prezotti

Mauricio José Fornazier

DOCUMENTAÇÃO

Claudia de Oliveira Barros Feitosa

REVISÃO/DIAGRAMAÇÃO/DATILOGRAFIA

Oliésio Benedito Fonseca

Zélia Luiza Silva

Joaquina Augusta Fernandes Peres

REPROGRAFIA

Augusto Carlos Barraque

Gentil Nascimento

ILUSTRAÇÕES

Carlos Roberto Ferrari Seidel

DISTRIBUIÇÃO E VENDAS

Amélia Cardoso Dias

Tiragem: 1.500 exemplares

EMCAPA

IDÉIAS, TRABALHO E SOLUÇÕES



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO